

МАРТЕНСИТНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СПЛАВАХ МЕДИ И ОЛОВА С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

Лисовский В.А., Плюснин Е.С., Лисовская О.Б.

Руководитель – к.т.н., доцент Лисовская О.Б.

Вятский государственный университет, г. Киров,

lisovskaya@front.ru

Материалы с эффектом памяти формы известны уже более 50 лет, однако, интерес к ним не ослабевает и в настоящее время. Эффект полного или частичного восстановления формы после больших деформаций (10% и более) происходит в результате обратимого термоупругого мартенситного превращения, которое было открыто в 1949 г. отечественными учеными Г.В. Курдюмовым и Л.Г. Хандросом на сплавах Cu – Al – Ni и Cu – Sn. Сущностью процесса восстановления формы является обратное движение обратимых «носителей» деформации: межфазных, межкристалльных и междвойниковых границ.

В настоящее время известно большое число двойных и более сложных сплавов с обратным мартенситным превращением, обладающих в разной степени свойствами памяти формы: Ni – Al, Ni – Co, Ni – Ti, Ti – Nb, Fe – Ni, Cu – Sn, Cu – Al – Ni и др.

В данной работе исследованы мартенситные превращения в сплавах меди и олова с эффектом памяти формы при содержании Sn 10 – 20 ат. %. Опытные плавки получали в графитовом тигле на чистых шихтовых материалах в индукционной печи под слоем древесного угля. Дегазацию сплавов производили аргоном через графитовую трубку. Исследования проводили на образцах, вырезанных от опытно-промышленных отливок диаметром 100 мм и длиной 200 мм, полученных литьем в кокиль. Химический состав бронз определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Аналюст-300» фирмы Перкин – Эльмер. Металлографические исследования выполняли на оптическом микроскопе Neophot 2. Тонкую структуру исследовали с помощью электронного микроскопа JEM-210 и сканирующего электронного микроскопа JSM-6510 LV. Методом рентгеноструктурного анализа определяли вид и параметры решетки образующихся фаз. Исследования проводили на рентгеновском дифрактометре Шимадзу LabX XRD-6000.

Для практики большой интерес представляет процесс диффузионного распада высокотемпературных β - и γ - фаз при непрерывном охлаждении.

При охлаждении с температур, соответствующих β и γ - фазам, со скоростями, подавляющими диффузионный распад, возможно мартенситное превращение [1, 2]. В сплавах меди с 24 – 26,6% олова (по массе) в зависимости от состава возможно образование двух мартенситных фаз β' и β'' . β' - мартенсит сплавов меди с 24 – 24,6% олова можно получить

закалкой в воду с температур существования β - фазы. В процессе закалки происходит упорядочение $\beta - \beta_1$ и последующее мартенситное $\beta_1 - \beta'$ превращение.

Исходная ОЦК решетка превращается в плотноупакованную орторомбическую решетку с различным порядком расположения плотноупакованных плоскостей, отвечающим различным модификациям мартенсита, обозначаемых через символы β' , β_1' , β_1'' , γ_1' . [3].

β' – образуется из неупорядоченного β - твердого раствора и представляет собой упорядоченную длиннопериодную структуру типа 22Н ($2 \times 11H$).

β_1'' – представляет собой пластинчатую смесь структур β_1' и γ_1' [1-3].

γ_1' – образуется из упорядоченного богатого оловом γ - твердого раствора и представляет собой упорядоченную гексагональную структуру 2Н[1]. Ориентационные соотношения между γ и γ' фазами имеет вид: $(001)_{\gamma}^1 \parallel (110)_{\gamma'}$; $[210]_{\gamma}^1 \parallel (111)_{\gamma'}$ [1]. Графическое расположение плоскостей приведено на рис. 1.

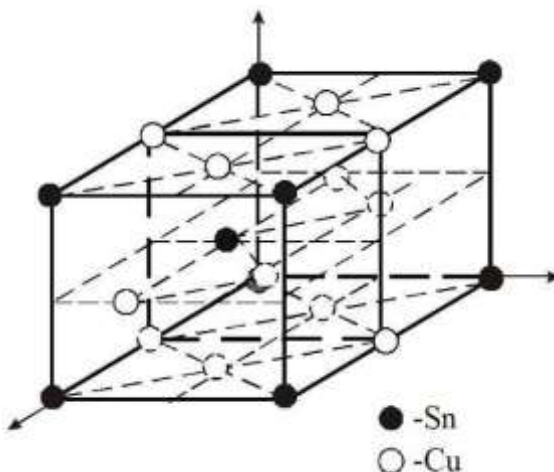


Рис. 1. Кристаллическая решетка β_1' - мартенсита

Мартенситное превращение в высокооловянистых бронзах имеет обратимый характер и в сплавах, в которых образуется мартенсит с упорядоченной структурой наблюдается эффект памяти формы.

В работах[1-3] показано, что β' – мартенсит образуется в сплавах с содержанием олова до 15% (ат.); β_1' – мартенсит образуется в сплавах с содержанием олова более 17% (ат.); в интервале с содержанием олова 15-17% образуются обе модификации мартенсита. Кристаллы β' – мартенсита имеют игольчатое строение, а кристаллы β_1' - мартенсита имеют клиновидную форму.

Решетка β_1' - мартенсита является орторомбической и характеризуется параметрами: $a = 0,455$ нм, $b = 0,536$ нм, $c = 0,431$ нм для сплава с 17,5% Sn и $a = 0,456$ нм, $b = 0,540$ нм, $c = 0,436$ нм для сплава с 17,25% Sn. Элементарная ячейка имеет 8 атомов и характеризуется следующей ориентировкой к матричной фазе: $(101)_{\beta}^1 \parallel (001)_{\beta}$; $[100]_{\beta} \parallel [101]_{\beta}$.

Температуры мартенситного превращения существенно зависят от состава бронз. Проведенные определения температуры M_H бронз с содержанием олова от 15,6 до 17,5% (ат) через 0,20 показали примерно линейную зависимость M_H от содержания олова, что и показано на рис.2 [1-3].

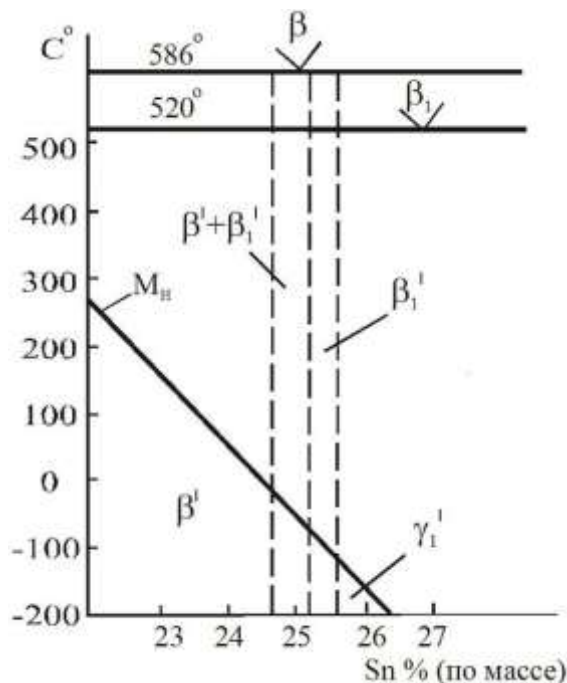


Рис. 2. - Зависимость температуры M_H от содержания Sn в сплавах Cu-Sn

Температура мартенситного превращения оказалась также зависимой от режима термической обработки. В работах [1-3] показано, что выдержка бронз после закалки при комнатной температуре приводит к стабилизации β - фазы и значительному снижению M_H . При этом величина снижения M_H будет тем больше, чем меньше содержание Sn. Одновременно со снижением M_H рентгеноструктурные исследования показали уменьшение параметра решетки β_1 – фазы, что свидетельствует об ее обеднении по олову. Однако, как известно, обеднение матрицы по олову должно повышать, а не понижать M_H . Это противоречие пока не нашло корректного объяснения.

Список литературы

1. Варлимонт Х. Мартенситные превращения в сплавах на основе меди, серебра и золота/Х. Варлимонт, Л. Дилей.-М.: Наука, 1980.-206 с.
2. Хандрос Л.Г. Мартенситные превращения, эффекты памяти и сверхупругость / Л.Г. Хандрос, И.А. Арбузова //Металлы, электроны, решетка: Сб. науч. тр. / Наукова думка. –Киев, 1975.-С.109-143.
3. Агапитова Н.В. О мартенситных превращениях в сплавах меди с оловом/Н.В. Агапитова, И.М. Шаршаков, В.А. Евсюков //Физика и химия конденсированных сред. Материаловедение.-1975.-№2.-С.93-102.